

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 3 1 日
Date of Application:

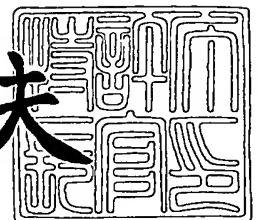
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 2 5 0 9 4
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 2 5 0 9 4]

出 願 人 信 越 半 導 体 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 6 0 5 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 AX0308052S

【提出日】 平成15年 1月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

 【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会
社 半導体磯部研究所内

 【氏名】 萩本 和徳

【発明者】

 【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会
社 半導体磯部研究所内

 【氏名】 能登 宣彦

【特許出願人】

 【識別番号】 000190149

 【氏名又は名称】 信越半導体株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100095751

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 菅原 正倫

 【電話番号】 052-212-1301

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 003388

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9901665

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 化合物半導体層の一方の主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の他方の主表面側に、前記発光層部からの光を前記光取出面側に反射させる反射面を有した金属層を介して素子基板が結合され、かつ前記金属層の前記反射面を含む部分が A u を主成分とする A u 系層とされた発光素子を製造するために、

前記発光層部を有した化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に前記反射面を形成する第一 A u 系層を配置し、

前記素子基板の、前記発光層部側に位置することが予定された主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に第二 A u 系層を配置し、

それら第一 A u 系層と第二 A u 系層とを密着させて貼り合わせることを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 2】 前記発光層部は、ピーク波長が 550 nm 以上の可視光を発光するものであることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子の製造方法。

【請求項 3】 化合物半導体よりなる発光層成長用基板上に前記発光層部をエピタキシャル成長させ、

前記発光層成長用基板が一体化された状態において、前記発光層部の前記貼り合わせ側主表面に前記第一 A u 系層を形成し、

他方、前記素子基板の前記貼り合わせ側主表面に前記第二 A u 系層を形成し、

前記第一 A u 系層と第二 A u 系層とを密着させて貼り合わせ、

その貼り合わせ後に、前記発光層部から前記発光層成長用基板を化学エッチングにより剥離することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 4】 前記発光層部が $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) よりなり、前記発光層成長用基板が GaAs 基板よりなり、

前記化学エッチングを、アンモニア／過酸化水素混合液を用いて前記GaAs基板を溶解する形で行なうことを特徴とする請求項3記載の発光素子の製造方法。

【請求項5】 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) よりなる前記発光層部がAlAs剥離層を介して前記発光層成長用基板をなすGaAs基板上に成長され、

前記化学エッチングを、フッ酸を含有した溶液を用いて前記AlAs剥離層を溶解する形で行なうことを特徴とする請求項3記載の発光素子の製造方法。

【請求項6】 前記発光層部がIII-V族化合物半導体からなり、
前記第一Au系層と前記第二Au系層とがいずれもAu含有率が95質量%以上のAu系金属からなり、

それら第一Au系層と第二Au系層とを密着させ、その状態で180℃よりも高温かつ360℃以下にて貼り合わせ熱処理することにより貼り合わせることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の発光素子の製造方法。

【請求項7】 前記貼り合わせ熱処理を300℃未満にて行うことを特徴とする請求項6記載の発光素子の製造方法。

【請求項8】 前記化合物半導体層は、III族元素がAl、Ga及びInより選ばれる1種以上からなり、V族元素がP及びAsより選ばれる1種以上からなることを特徴とする請求項6又は請求項7に記載の発光素子の製造方法。

【請求項9】 前記素子基板をSi基板にて構成する請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の発光素子の製造方法。

【請求項10】 Si基板よりなる前記素子基板の前記貼り合わせ側主表面に基板側接合層を形成し、該基板側接合層を覆うように前記第二Au系層を形成し、かつ、前記基板側接合層と前記Si基板との合金化熱処理を行なうことを特徴とする請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載の発光素子の製造方法。

【請求項11】 前記第一Au系層と前記化合物半導体層との間に、Auを主成分とする発光層部側接合層を、前記第一Au系層の主表面上に分散する形で配置することを特徴とする請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載の発

光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は発光素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

【特許文献1】

特開平7-66455号公報

【特許文献2】

特開2001-339100号公報

【0003】

発光ダイオードや半導体レーザー等の発光素子に使用される材料及び素子構造は、長年にわたる進歩の結果、素子内部における光電変換効率が理論上の限界に次第に近づきつつある。従って、一層高輝度の素子を得ようとした場合、素子からの光取り出し効率が極めて重要となる。III-V族化合物半導体、例えば、AlGaInP混晶により発光層部が形成された発光素子は、薄いAlGaInP（あるいはGaInP）活性層を、それよりもバンドギャップの大きいn型AlGaInPクラッド層とp型AlGaInPクラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、高輝度の素子を実現できる。このようなAlGaInPダブルヘテロ構造は、AlGaInP混晶がGaAsと格子整合することを利用して、GaAs単結晶基板上にAlGaInP混晶からなる各層をエピタキシャル成長させることにより形成できる。そして、これを発光素子として利用する際には、通常、GaAs単結晶基板をそのまま素子基板として利用することも多い。しかしながら、発光層部を構成するAlGaInP混晶はGaAsよりもバンドギャップが大きいいため、発光した光がGaAs基板に吸収されて十分な光取り出し効率が得られにくい難点がある。この問題を解決するために、半導体多層膜からなる反射層を基板と発光素子との間に挿入する方法（例えば特許文献1）も提案されているが、積層された半導体層の屈折率の違い

を利用するため、限られた角度で入射した光しか反射されず、光取出し効率の大幅な向上は原理的に期待できない。

【0004】

そこで、特許文献2をはじめとする種々の公報には、成長用のGaAs基板を剥離する一方、補強用の素子基板（導電性を有するもの）を、反射用のAu層を介して剥離面に貼り合わせる技術が開示されている。このAu層は反射率が高く、また、反射率の入射角依存性が小さい利点がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の方法では、反射層をなすAu層を発光層部に貼り合わせる際に、貼り合せ強度の確保が困難であり、剥離等の不具合につながったり、良好な貼り合せ状態が得られないことによる反射率の低下が避けがたかった。また、貼り合せ強度を高めるために、貼り合せの熱処理温度を高くすると、発光層や導電性基板（特にSi基板）とAu層との冶金的な反応が顕著となり、得られる反射面の状態が悪化して反射率の低下を一層招きやすくなる問題がある。

【0006】

本発明の課題は、Au系層を有した金属層を介して発光層部と素子基板とを貼り合せた構造を有する発光素子を製造するために、貼り合せの熱処理温が低くとも十分な貼り合せ強度が得られ、かつ、反射面の状態も良好に保つことができる発光素子の製造方法及び発光素子を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】

上記の課題を解決するために、本発明の発光素子の製造方法は、

化合物半導体層の一方の主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の他方の主表面側に、発光層部からの光を光取出面側に反射させる反射面を有した金属層を介して素子基板が結合され、かつ金属層の反射面を含む部分がAuを主成分とするAu系層とされた発光素子を製造するために、

発光層部を有した化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に反射面を形成する第一Au系層

を配置し、

素子基板の、発光層部側に位置することが予定された主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に第二Au系層を配置し、

それら第一Au系層と第二Au系層とを密着させて貼り合わせることを特徴とする。なお、本明細書において「主成分」とは、最も質量含有率の高い成分のことをいう。

【0008】

上記本発明の方法によると、化合物半導体層側と素子基板側に第一及び第二の各Au系層を振り分けて形成し、これらを相互に密着させて貼り合わせる。Au系層同士は比較的低温でも容易に一体化するので、貼り合せの熱処理温度が低くとも十分な貼り合せ強度が得られ、かつ、Au系層を含む金属反射層の反射面も良好な状態のものを容易に形成することができる。そして、反射面自体が耐食性の高いAu系層にて構成されるので、発光素子の製造工程の途上で、後述の発光層成長用基板の剥離処理や発光層部の面荒らし処理（いわゆるフロスト処理）など、腐食性の高い液を用いた化学的処理を化合物半導体層に施す場合でも、反射面に腐食が浸透する心配がないので製造工程の簡略化を図ることができ、かつ反射面の状態も損なわれにくい。

【0009】

発光層部は、ピーク波長が550nm以上の可視光を発光するものであることが望ましい。図3は、Au層の反射率の波長依存性を示すグラフであるが、波長550nm未満の可視光域に強い吸収があることがわかる。そこで、発光層部のピーク波長が550nm以上とすることで、反射率低下を効果的に抑制でき、発光強度を向上させることができる。また、取り出される光のスペクトルが、吸収により本来の発光スペクトルとは異なるものとなったり、発光色調が変化したりする不具合も生じにくい。この観点で、発光層部の発光の望ましい色調とピーク波長域は、以下の通りである：

- ・黄緑系：550nm以上580nm未満
- ・黄色系：580nm以上595nm未満
- ・アンバー系：595nm以上610nm未満

- ・ オレンジ系: 610 nm以上 630 nm未満
- ・ 赤色系: 630 nm以上 780 nm未満

【0010】

なお、図3から明らかなように、発光層部のピーク波長が、望ましくは580 nm以上、より望ましくは600 nm以上のとき、より反射率が向上し、発光強度を高めることができる。この観点において、発光層部は、黄色系、アンバー系、オレンジ系あるいは赤色系のものを採用するとき、Au系層による反射率を特に高めることができ、発光強度向上効果が顕著となる。

【0011】

具体的には、本発明の発光素子の製造方法は、
化合物半導体よりなる発光層成長用基板上に発光層部をエピタキシャル成長させ、

発光層成長用基板が一体化された状態において、発光層部の貼り合わせ側主表面に第一Au系層を形成し、

他方、素子基板の貼り合わせ側主表面に第二Au系層を形成し、

第一Au系層と第二Au系層とを密着させて貼り合わせ、

その貼り合わせ後に、発光層部から発光層成長用基板を化学エッチングにより剥離する工程を採用することができる。

【0012】

該工程によると、発光層成長用基板が一体化された状態において、発光層部の貼り合わせ側主表面に第一Au系層と、素子基板の貼り合わせ側主表面に第二Au系層とを貼り合わせるので、薄層として形成される発光層部を、発光層成長用基板による機械的な補強を伴った形で、貼り合わせのためのハンドリングを行なうことができる。その結果、例えば発光層部を貼り合わせ前に剥離する工程を採用する場合と比較して、発光層部が割れたり欠けたりする不具合発生確率が大幅に低減され、工程も劇的に簡略化できる。この場合、貼り合わせ後に、発光層部から発光層成長用基板を化学エッチングにより剥離することになるが、反射面をなす部分がAu系層にて形成されているから、化学エッチングの影響が反射面に及ぶ不具合も極めて生じにくく、エッチング中の発光層の剥離等の懸念も生じない

【0013】

例えば、発光層部が $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) よりなり、発光層成長用基板が $GaAs$ 基板よりなる場合、化学エッチングを、アンモニア／過酸化水素混合液を用いて $GaAs$ 基板を溶解する形で行なうことができる。アンモニア／過酸化水素混合液は、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ に対する $GaAs$ 基板の選択腐食性に優れ、発光層部を該溶液に浸漬するだけで $GaAs$ 基板だけを迅速かつ確実に剥離除去することができる。また、反射面を形成する Au 系層への腐食の心配もない。なお、本発明においては、発光層成長用基板を全てエッチングにより除去することも、「剥離」の概念に属するものとする。

【0014】

他方、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) よりなる発光層部が $AlAs$ 剥離層を介して成長用基板をなす $GaAs$ 基板上に成長され、化学エッチングを、フッ酸を含有した溶液を用いて $AlAs$ 剥離層を溶解する形で行なうこともできる。フッ酸を含有した溶液により $AlAs$ 剥離層を溶解すれば、 $GaAs$ 基板を発光層部から簡単に剥離することができる。また、反射面を形成する Au 系層への腐食の心配もない。この場合、 $GaAs$ 基板は溶解されないで、次の発光層部の成長等に再利用することも可能である。

【0015】

次に、発光層部が $III-V$ 族化合物半導体からなる場合、第一 Au 系層と第二 Au 系層とをいずれも Au 含有率が 95 質量%以上の Au 系金属とし、それら第一 Au 系層と第二 Au 系層とを密着させ、その状態で $180^\circ C$ よりも高温かつ $360^\circ C$ 以下にて貼り合わせ熱処理することにより貼り合わせることができる。該方法によると、 $III-V$ 族化合物半導体よりなる化合物半導体層側と素子基板側に第一及び第二の各 Au 系層を振り分けて形成し、これらを相互に密着させて貼り合わせる。そして、第一 Au 系層と第二 Au 系層とは、いずれも Au 含有率が 95 質量%以上となることで、 $180^\circ C$ よりも高温かつ $360^\circ C$ 以下で貼り合わせ熱処理することにより容易に結合する。従って、十分な貼り合せ強度が簡単

に得られ、かつ、貼り合わせ熱処理時において、Au系層に対する基板側あるいは化合物半導体層側からの拡散や反応の影響が及びにくく、Au系層を含む金属反射層の反射面も良好な状態のものを容易に形成することができる。

【0016】

Au系層（ひいては、第一Au系層と第二Au系層）の材質として、より具体的には純Au（ただし、1質量%以内であれば不可避不純物を含有してもよい）を採用することにより、上記の効果は一層高められる。

【0017】

また、前述の通り、Au系層に対する基板側あるいは化合物半導体層側からの拡散や反応の影響を抑制するため、貼り合わせ熱処理温度の上限は360℃に設定する。より望ましくは、貼り合わせ熱処理を300℃未満にて行うのがよい。例えば、素子基板としてはSi基板を用いることができる。Si基板はドーピングにより発光素子として十分な導電性を容易に確保することができ、しかも安価である。しかし、SiはAu中へ拡散を起しやすく、また比較的低温で共晶反応を起しやすい（Au-Si二元系の共晶温度は363℃である）。従って、貼り合わせの熱処理温度が少しでも過度に高くなると、金属反射層中のAu系層へ素子基板をなすSiが多量に拡散したり共晶反応を起したりし、反射率の低下を極めて招きやすい。しかしながら本発明のごとく、Au系層同士の貼り合わせによりその熱処理温度を360℃以下、より望ましくは300℃未満に設定することで、上記共晶温度よりも十分低い温度で貼り合わせ熱処理を行なうことが可能であり、良好な反射率と貼り合わせ強度とを確保することができる。

【0018】

第一Au系層が形成される化合物半導体層がIII-V族化合物半導体にて構成される場合、第一Au系層と第二Au系層とを密着させて外部の熱源により貼り合わせ熱処理を行う際に、第一Au系層側へは化合物半導体層を介して熱が伝達されるが、III-V族化合物半導体は一般に、Siなどの他の半導体と比較すれば熱伝導率が低い。そのため、貼り合わせ熱処理温度が過度に低くなると、III-V族化合物半導体層により第一Au系層への熱伝達が阻害され、第二Au系層との強固な貼り合わせ状態を得ることができなくなる。そこで、本発明に

においては、貼り合わせ熱処理温度は180℃よりも高く設定することにより、I I I-V族化合物半導体層の熱伝導率がそれほど高くないにもかかわらず、第一A u系層と第二A u系層を十分な強度にて貼り合わせることができるようになる。特に、化合物半導体層が、I I I族元素がA l、G a及びI nより選ばれる1種以上からなり、V族元素がP及びA sより選ばれる1種以上からなる場合に、該効果は特に顕著となる。

【0019】

素子基板としてS i基板を用いる場合、素子基板の貼り合わせ側主表面に基板側接合層を形成し、該基板側接合層を覆うように第二A u系層を形成し、かつ基板側接合層とS i基板との合金化熱処理を行なうことができる。n型のS i基板を用いる場合、基板側接合層は、A u S b合金あるいはA u S n合金にて構成できる。この場合、基板側接合層とS i基板との合金化熱処理を例えば250℃以上500℃以下にて行なうことにより、接触抵抗の低減効果が高められる。

【0020】

本発明においては、第一A u系層により反射面を形成することができる。A u系層は化学的に安定であり、酸化等による反射率劣化を生じにくいので、反射面の形成材質として好適である。特にS i基板を使用する場合は、反射面をなす第一A u系層のA uと、S i基板をなすS iとの共晶反応が進行すると、反射率の低下が特に生じやすいが、本発明の採用によりこのような不具合が極めて効果的に抑制される結果、良好な反射率の反射面をA u系層により問題なく形成できる。

【0021】

本発明の発光素子の製造方法においては、A u系層により反射面を形成する場合、A u系層と化合物半導体層との間に、A uを主成分とする発光層部側接合層を、A u系層の主表面上に分散する形で配置することができる。A u系層は、発光層部への通電経路の一部をなす。しかし、A u系層を化合物半導体よりなる発光層部に直接接合すると、接触抵抗が高くなり、直列抵抗が増加して発光効率が低下する場合がある。A u系層を、A u系接合層を介して発光層部に接合することにより接触抵抗の低減を図ることができる。ただし、A u系接合層は、コンタ

クト確保のために必要な合金成分を比較的多量に配合する必要がある、反射率が若干劣る。そこで、発光層部側接合層をAu系層の主表面上に分散形成しておけば、発光層部側接合層の非形成領域ではAu系層による高い反射率を確保できる。

【0022】

発光層部側接合層としては、これと接する化合物半導体層をn型のIII-V族化合物半導体（前述の $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ ））にて構成する場合、AuGeNi接合層を採用することにより接触抵抗の低減効果が特に高くなる。この場合、該化合物半導体層の貼り合わせ側主表面にAuGeNi接合層を形成し、該AuGeNi接合層を覆うように前記の第一Au系層を形成することができる。AuGeNi接合層と化合物半導体層との合金化熱処理は、例えば350℃以上500℃以下にて行なうことにより、接触抵抗の低減効果が高められる。

【0023】

なお、光取出効果を十分に高めるために、Au系層（第一Au系層）に対する発光層部側接合層の形成面積率（Au系層の全面積にて発光層部側接合層の形成面積を除いた値である）は1%以上25%以下とすることが望ましい。発光層部側接合層の形成面積率が1%未満では接触抵抗の低減効果が十分でなくなり、25%を超えると反射強度が低下することにつながる。

【0024】

Au系層は、発光層部側接合層よりもAu含有率を高く設定しておくことで、発光層部側接合層の非形成領域において、Au系層の反射率を一層高めることができる。

【0025】

なお、本発明において金属層の具体的な形成方法としては、真空蒸着やスパッタリングなどの気相成膜法のほか、無電解メッキあるいは電解メッキなどの電気化学的な成膜法を採用することもできる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付の図面を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施形態である発光素子100を示す概念図である。発光素子100は、素子基板をなす導電性基板であるn型Si（シリコン）単結晶よりなるSi基板7の一方の主表面上に金属層10を介して発光層部24が貼り合わされた構造を有してなる。

【0027】

発光層部24は、ノンドープ $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 0.55$, $0.45 \leq y \leq 0.55$ ）混晶からなる活性層5を、第一導電型クラッド層、本実施形態ではp型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるp型クラッド層6と、前記第一導電型クラッド層とは異なる第二導電型クラッド層、本実施形態ではn型 $(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるn型クラッド層4とにより挟んだ構造を有し、活性層5の組成に応じて、発光波長を、緑色から赤色領域（発光波長（ピーク発光波長）が550nm以上670nm以下）にて調整できる。発光素子100においては、金属電極9側にp型AlGaInPクラッド層6が配置されており、金属層10側にn型AlGaInPクラッド層4が配置されている。従って、通電極性は金属電極9側が正である。なお、ここでいう「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行なわない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有（例えば $10^{13} \sim 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度を上限とする）をも排除するものではない。

【0028】

また、発光層部24の基板7に面しているのと反対側の主表面上には、AlGaAsよりなる電流拡散層20が形成され、その主表面の略中央に、発光層部24に発光駆動電圧を印加するための金属電極（例えばAu電極）9が、該主表面の一部を覆うように形成されている。電流拡散層20の主表面における、金属電極9の周囲の領域は、発光層部24からの光取出領域をなす。また、Si単結晶基板7の裏面にはその全体を覆うように金属電極（裏面電極：例えばAu電極である）15が形成されている。金属電極15がAu電極である場合、金属電極15とSi単結晶基板7との間には基板側接合層として、AuSb接合層16が介

挿される。なお、AuSb接合層16に代えてAuSn接合層を基板側接合層として用いてもよい。

【0029】

Si単結晶基板7は、Si単結晶インゴットをスライス・研磨して製造されたものであり、その厚みは例えば100 μ m以上500 μ m以下である。そして、発光層部24に対し、金属層10を挟んで貼り合わされている。金属層10は全体がAu系層として構成され、発光層部24（化合物半導体層）と接する第一Au系層10aと、Si基板7と接する第二Au系層10bとが貼り合せ熱処理により貼り合わされたものである。

【0030】

発光層部24と第一Au系層10aとの間には、発光層部側接合層としてAuGeNi接合層32（例えばGe:15質量%、Ni:10質量%）が形成されており、素子の直列抵抗低減に貢献している。AuGeNi接合層32は、第一Au系層10aの主表面上に分散形成され、その形成面積率は1%以上25%以下である。また、Si単結晶基板7と第二Au系層10bとの間には、基板側接合層としてAuSb接合層31（例えばSb:5質量%）が介挿されている。なお、AuSb接合層31に代えてAuSn接合層を用いてもよい。そして、第一Au系層10a、第二Au系層10b、AuSb接合層31及びAuGeNi接合層32が金属層10を構成し、これが発光層部24とSi基板7とのいずれとも接する形で配置されている。なお、本実施形態において第一Au系層10a及び第二Au系層10bは、純AuもしくはAu含有率が95質量%以上のAu合金よりなる。

【0031】

発光層部24からの光は、光取出面側に直接放射される光に、金属層10による反射光が重畳される形で取り出される。金属層10の厚さは、反射効果を十分に確保するため、80nm以上とすることが望ましい。また、厚さの上限には制限は特にないが、反射効果が飽和するため、コストとの兼ね合いにより適当に定める（例えば1 μ m程度）。

【0032】

以下、図1の発光素子100の製造方法について説明する。

まず、図2の工程1に示すように、発光層成長用基板をなす半導体単結晶基板であるGaAs単結晶基板1の主表面に、p型GaAsバッファ層2を例えば0.5 μ m、AlAsからなる剥離層3を例えば0.5 μ m、さらにp型AlGaAsよりなる電流拡散層20を例えば5 μ m、この順序にてエピタキシャル成長させる。また、その後、発光層部24として、1 μ mのp型AlGaInPクラッド層6、0.6 μ mのAlGaInP活性層（ノンドープ）5、及び1 μ mのn型AlGaInPクラッド層4を、この順序にエピタキシャル成長させる。

【0033】

次に、工程2に示すように、発光層部24の主表面に、AuGeNi接合層32を分散形成する。AuGeNi接合層32を形成後、350℃以上500℃以下の温度域で合金化熱処理を行ない、その後、AuGeNi接合層32を覆うように第一Au系層10aを形成する。発光層部24とAuGeNi接合層32の間には、上記合金化熱処理により合金化層が形成され、直列抵抗が大幅に低減される。他方、工程3に示すように、別途用意したSi単結晶基板7（n型）の両方の主表面に基板側接合層となるAuSb接合層31、16（前述の通りAuSn接合層でもよい）を形成し、250℃以上359℃以下の温度域で合金化熱処理を行なう。そして、AuSb接合層31上には第二Au系層10bを、AuSb接合層16上には裏面電極層15（例えばAu系金属よりなるもの）をそれぞれ形成する。以上の工程で各金属層は、スパッタリングあるいは真空蒸着等を用いて行なうことができる。

【0034】

そして、工程4に示すように、Si単結晶基板7側の第二Au系層10bを、発光層部24上に形成された第一Au系層10aに重ね合わせて圧迫して、180℃よりも高温かつ360℃以下、例えば250℃にて貼り合せ熱処理することにより、基板貼り合わせ体50を作る。Si単結晶基板7は、第一Au系層10a及び第二Au系層10bを介して発光層部24に貼り合わせられる。また、第一Au系層10aと第二Au系層10bとは、上記貼り合せ熱処理を採用することにより十分な強度にて結合され、AuSb接合層31及びAuGeNi接合層

32とともに金属層10となる。第一Au系層10a及び第二Au系層10bが、いずれも酸化しにくいAuを主体に構成されているため、上記貼り合せ熱処理は、例えば大気中でも問題なく行なうことができる。

【0035】

次に、工程5に進み、上記基板貼り合わせ体50を、例えば10%フッ酸水溶液からなるエッチング液に浸漬し、バッファ層2と発光層部24との間に形成したAlAs剥離層3を選択エッチングすることにより、GaAs単結晶基板1（発光層部24からの光に対して不透明である）を、発光層部24とこれに接合されたSi単結晶基板7との積層体50aから剥離する。なお、AlAs剥離層3に代えてAlInPよりなるエッチストップ層を形成しておき、GaAsに対して選択エッチング性を有する第一エッチング液（例えばアンモニア／過酸化水素混合液）を用いてGaAs単結晶基板1をGaAsバッファ層2とともにエッチング除去し、次いでAlInPに対して選択エッチング性を有する第二エッチング液（例えば塩酸：Al酸化層除去用にフッ酸を添加してもよい）を用いてエッチストップ層をエッチング除去する工程を採用することもできる。

【0036】

そして、工程6に示すように、GaAs単結晶基板1の剥離により露出した電流拡散層20の主表面の一部を覆うように、ワイヤボンディング用の電極9（ボンディングパッド：図1）を形成する。以下、通常の方法によりダイシングして半導体チップとし、これを支持体に固着してリード線のワイヤボンディング等を行なった後、樹脂封止をすることにより最終的な発光素子が得られる。

【0037】

なお、素子基板としてSi基板を使用する以外に、他の導電性基板、例えばAl（合金含む）などの金属基板を用いることも可能である。

【0038】

さらに、発光層部24の各層は、AlGaInN混晶により形成することもできる。発光層部24を成長させるための発光層成長用基板は、GaAs単結晶基板に代えて、例えばサファイア基板（絶縁体）やSiC単結晶基板が使用される。また、発光層部24の各層は、上記実施形態では、基板側からn型クラッド層

4、活性層 5 及び p 型クラッド層 6 の順になっていたが、これを反転させ、基板側から p 型クラッド、活性層及び n 型クラッド層の順に形成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の適用対象となる発光素子の第一実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図 2】

図 1 の発光素子の製造工程の一例を示す説明図。

【図 3】

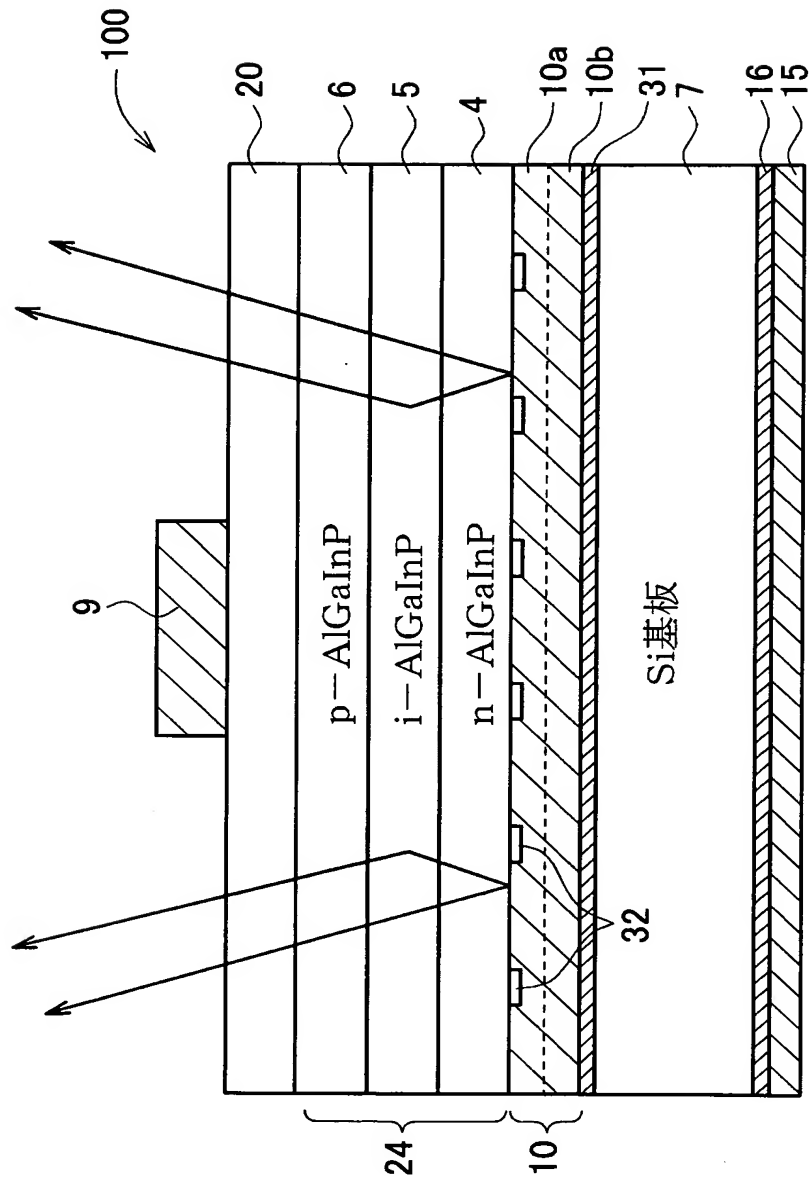
Au 層の反射率の波長依存性を示すグラフ。

【符号の説明】

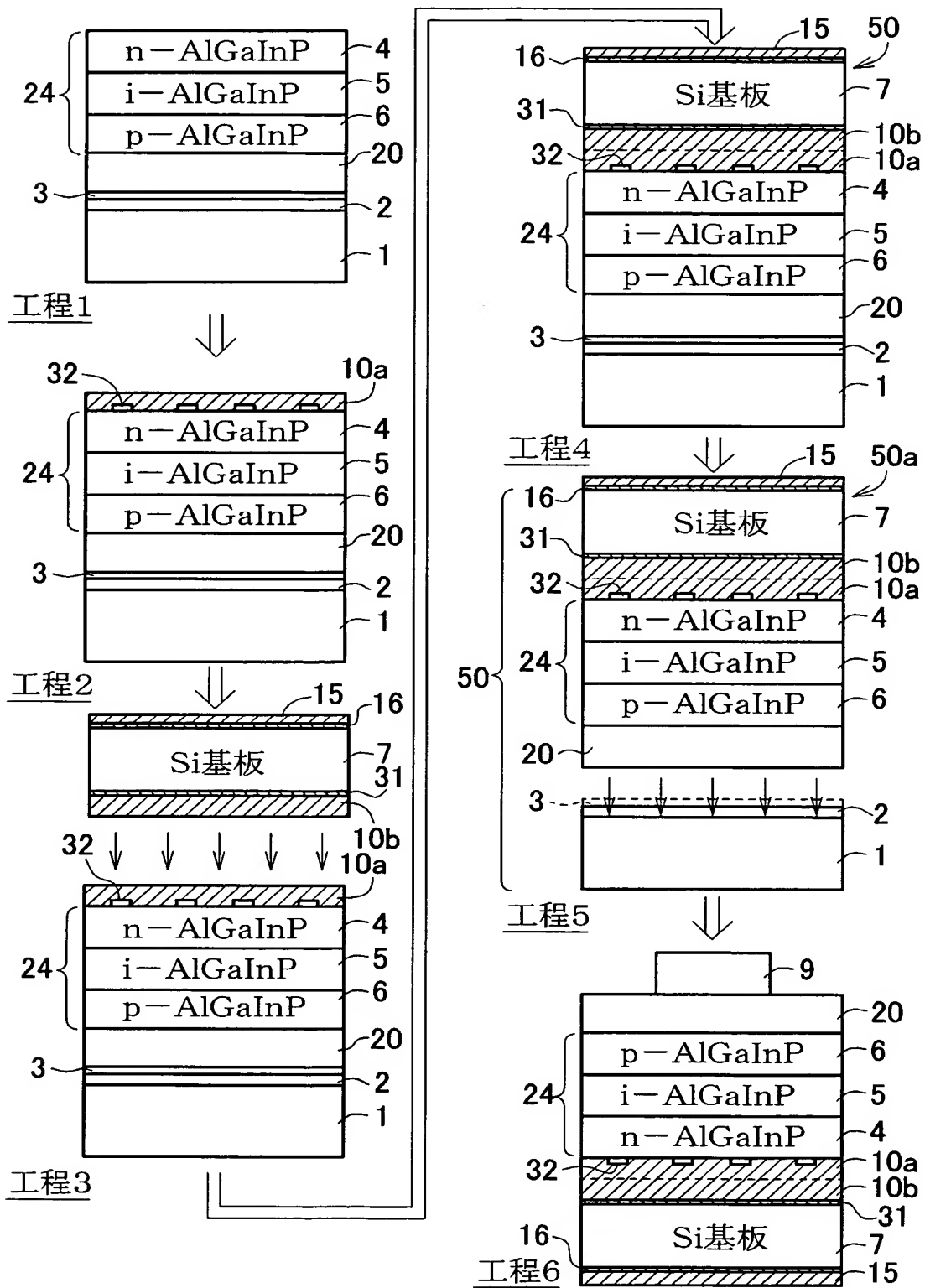
- 1 GaAs 単結晶基板（発光層成長用基板）
- 4 n 型クラッド層（第二導電型クラッド層）
- 5 活性層
- 6 p 型クラッド層（第一導電型クラッド層）
- 7 Si 単結晶基板（素子基板）
- 9 金属電極
- 10 Au 系層
- 10a 第一Au系層
- 10b 第二Au系層
- 24 発光層部
- 31 AuSb 層（基板側接合層）
- 32 AuGeNi 接合層 31（発光層部側接合層）
- 100 発光素子

【書類名】 図面

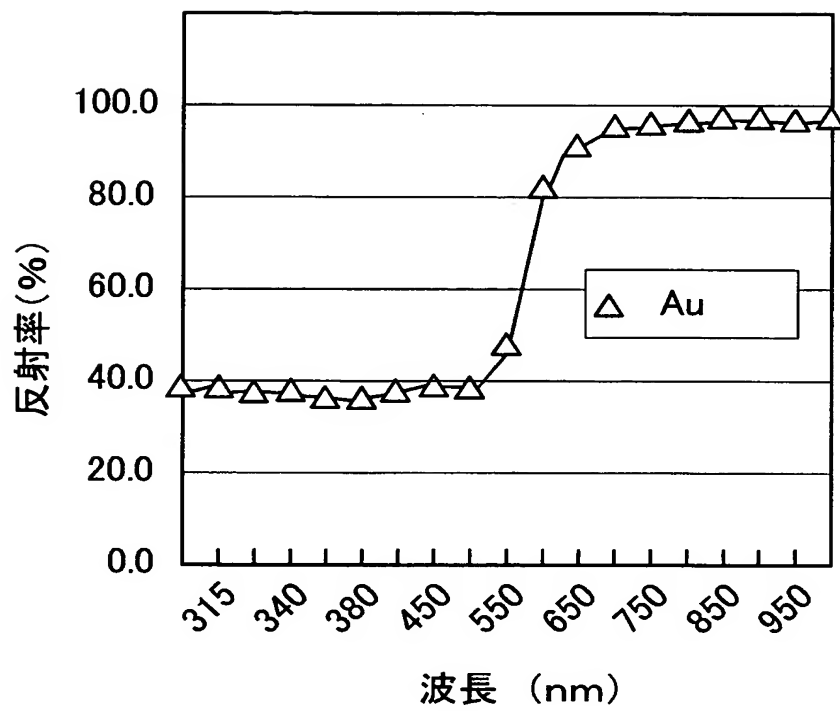
【図 1】



【図2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 Au系層を有した金属層を介して発光層部と素子基板とを貼り合せた構造を有する発光素子を製造するために、貼り合せの熱処理温が低くとも十分な貼り合せ強度が得られ、かつ、反射面の状態も良好に保つことができる発光素子の製造方法を提供する。

【解決手段】 発光層部24を有した化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に反射面をなすAu含有率が95質量%以上の第一Au系層10aを配置する。また、素子基板7の、発光層部24側に位置することが予定された主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面にAu含有率が95質量%以上の第二Au系層10bを配置する。そして、それら第一Au系層10aと第二Au系層10bとを密着させ、180℃よりも高温かつ360℃以下で熱処理することにより貼り合わせる。

【選択図】 図2

特願 2 0 0 3 - 0 2 5 0 9 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 9 0 1 4 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

氏 名

信越半導体株式会社